

SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiaí – SP

GIS in the selection of areas for landfills: case study in Jundiaí - SP

- **Data de entrada:**
25/12/2016
- **Data de aprovação:**
06/11/2017

Kasandra Isabella Helouise Mingoti Poague/Warley Ruas Silva/Vanessa Martins Rezende/
Ana Paula Miranda Pereira/Mônica Poggiali Árabe*

DOI: 10.4322/dae.2018.032

Resumo

A escolha do melhor local para a implantação de um aterro sanitário é, por muitas vezes, uma decisão difícil de ser tomada devido à grande variedade de fatores envolvidos. Neste trabalho foram selecionadas as potenciais áreas para a implantação de um aterro sanitário no município de Jundiaí (SP) a partir de uma análise multicritério realizada usando o software ArcGIS. As diversas condicionantes técnicas escolhidas foram ponderadas de acordo com a significância para a escolha do melhor local. Como resultado obteve-se um mapa de áreas graduado em escala de atendimento simultâneo a todos os critérios. A partir de condicionantes de exclusão, um segundo mapa com áreas inadequadas à implantação foi gerado. A área mínima necessária para implantação do aterro foi calculada considerando a longevidade, as características do aterro e a produção diária de resíduos sólidos. Sobrepondo esses resultados, foi possível selecionar a melhor área potencial para a construção do aterro sanitário.

Palavras-chave: Aterro sanitário; Geoprocessamento; Análise multicritério; Condicionantes técnicas; Jundiaí.

Abstract

Choosing the best location for the implementation of a landfill is often a difficult decision to take due to the variety of factors involved. In this work, the potential areas for the implementation of a landfill at the city of Jundiaí (SP) were selected by using the Multicriteria Analysis methodology and the software ArcGIS. The various technical conditions chosen were weighted according to the significance for the choice of the best location. As a result, a map of areas graduated in a scale of simultaneous attendance to all the criteria was obtained. Taking into consideration the exclusion factors, a second map with the inappropriate areas for the deployment of the landfill was generated. The minimum area needed for the implantation was calculated considering longevity, landfill characteristics and the production of solid waste. Combining these results, it was possible to select the best potential areas for the construction of the landfill.

Keywords: Landfill; Geoprocessing; Multicriteria Analysis; Technical conditions; Jundiaí.

Kasandra Isabella Helouise Mingoti Poague – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestranda no programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG.

Warley Ruas Silva – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista de Apoio Técnico a Pesquisa do CNPq na área de saneamento e tratamento de biogás.

Vanessa Martins Rezende – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Ana Paula Miranda Pereira – Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Mônica Poggiali Árabe – Graduada em Psicologia e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

***Endereço para correspondência:** Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte – MG. Telefone: (31) 99289-4217. E-mail: poaguek@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A promulgação da Constituição Federal de 1988 instituiu aos municípios a responsabilidade dos serviços de limpeza urbana e toda a gestão e manejo dos resíduos sólidos, desde a sua coleta até a destinação final. No entanto, apenas em 2010, com a criação da Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os municípios passaram a assumir essa responsabilidade (BRASIL, 2010). Apesar de a responsabilidade ser local, muitas vezes a gestão é compartilhada por meio de consórcios, principalmente quando os resíduos são destinados para aterros (MONTEIRO et al., 2001).

De acordo com a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008a), 99,96% dos municípios brasileiros possui serviços de manejo de resíduos sólidos; entretanto, apenas 27,68% dispõem seus resíduos em aterros sanitários. O descarte inadequado de resíduos implica em impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Percebe-se uma ação generalizada das administrações públicas ao longo dos anos em apenas afastar os resíduos coletados das zonas urbanas das quais são responsáveis. Esses resíduos geralmente são depositados em locais inadequados, como a céu aberto, próximos a encostas, em cursos d'água ou próximos a eles, dentre outros (MONTEIRO et al., 2001).

Inserida nessa problemática, a cidade de Jundiaí, localizada no sudeste do Estado de São Paulo, é uma das que mais gera resíduos por pessoa no Brasil, com mais de 27 mil toneladas mensais para uma população 405.740 habitantes (IBGE, 2016a). Estima-se, aproximadamente, uma geração de 11 mil toneladas por mês de resíduos domiciliares, os quais são compostos basicamente por matéria orgânica (PREFEITURA DE JUNDIAÍ, 2014). Atualmente, Jundiaí destina seus resíduos para o aterro sanitário de Santana de Parnaíba

a um custo de 1,8 milhão de reais ao mês, custo este relacionado aos serviços de transbordo, transporte e destinação final (PREFEITURA DE JUNDIAÍ, 2015). Ainda, segundo o site da Prefeitura de Jundiaí (2015), o aterro atende, além de Jundiaí, aos municípios de Barueri, Carapicuíba, Araçariguama, Pirapora e Santana do Parnaíba. No presente momento, o aterro passa por um processo de ampliação para atender à demanda, com vida útil estimada em mais 10 anos.

Devido à carência de outras alternativas para disposição dos resíduos e a crescente geração destes ao longo dos anos, o município conta hoje com uma parceria com a Universidade Braunschweig, da Alemanha, para desenvolvimento de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos (JORNAL DE JUNDIAÍ, 2014). Apesar dessa parceria, os resíduos tratados ainda podem necessitar de uma destinação final. Além disso, as tecnologias não são capazes de tratar 100% dos resíduos gerados, reforçando a necessidade de utilizar um método complementar de disposição de resíduos, tal como um aterro sanitário, “única forma de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos” (MONTEIRO et al., 2001, p.150).

2 OBJETIVO

No contexto apresentado, o presente trabalho teve como objetivo utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a Análise Multicritério para a seleção de potenciais áreas para a implantação de um novo aterro sanitário para atender à crescente demanda do município, visando minimizar os impactos ambientais na escolha da área para implantação desse aterro.

3 METODOLOGIA

A análise e o mapeamento de áreas para construção de aterro sanitário para o município de

Jundiaí foram desenvolvidos utilizando o software ArcGIS do Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2016), por meio do método de análise de multicritério.

A análise multicritério é uma ferramenta utilizada para tomar decisões baseadas na combinação de uma série de critérios e avaliar a contribuição de cada um desses no problema a ser analisado (SOUZA, 2008). Considerando a espacialização dos dados, a análise é feita pela sobreposição de diferentes mapas temáticos, que representam fatores de restrição ou favorecimento e recebem um peso diferente em função do grau de importância para o que é analisado. O resultado é um mapa com áreas que expressam o grau de importância relativo por meio de valores numéricos. Exemplos de trabalhos encontrados na literatura no tocante à utilização de modelos de análise multicritério na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários são: Ornelas (2011), Lourenço et al. (2015), Amaral e Lana (2017), entre outros

O primeiro passo para a aplicação do método é a ponderação das classes de cada plano de informação por pesos, segundo sua importância relativa, com os quais será calculada posteriormente, uma média ponderada. Tendo em vista um possível consórcio entre os municípios e por conhecimentos prévios de que as áreas destinadas a aterros devem estar a uma distância mínima do município para atender às condicionantes técnicas, optou-se por não restringir a área de estudo apenas a Jundiaí. A área tratada

no presente artigo corresponde a um conjunto de municípios vizinhos à Jundiaí, selecionados e copiados da malha municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2016a). A região considerada consiste nos municípios de Jundiaí, Campinas, Campo Limpo, Itupeva, Várzea Paulista, Louveira, Cajamar, Jarinu, Vinhedo, Valinhos, Cabreúva, Pirapora do Bom Jesus, Itu, Atibaia, Santana de Parnaíba, Itatiba, Francisco Morato, Franco da Rocha, Indaiatuba e Salto (Figura 1).

Todos os arquivos utilizados no estudo foram georreferenciados no sistema de coordenadas UTM – fuso 23 S – datum SAD69 – e transformados para formato compatível com o exigido pela análise de multicritério.

A seleção de áreas aptas para a implementação de aterros sanitários deve atender, no mínimo, às condicionantes técnicas estabelecidas pelas normas da ABNT (NBR 10.157/87 e NBR 13896/97) e pela legislação federal, estadual e municipal (quando houver) (MONTEIRO et al., 2001). Para o presente estudo, foram escolhidos oito critérios técnicos avaliados, apresentados na Seção 3.1. Cabe salientar que o critério de precipitação média anual, inicialmente considerado para a presente análise, foi eliminado, uma vez que foi constatado que ao longo da área de estudo não há uma significativa variação da precipitação média anual, portanto essa condicionante não influencia na mesma proporção que as demais na seleção das potenciais áreas para implantação do aterro sanitário.

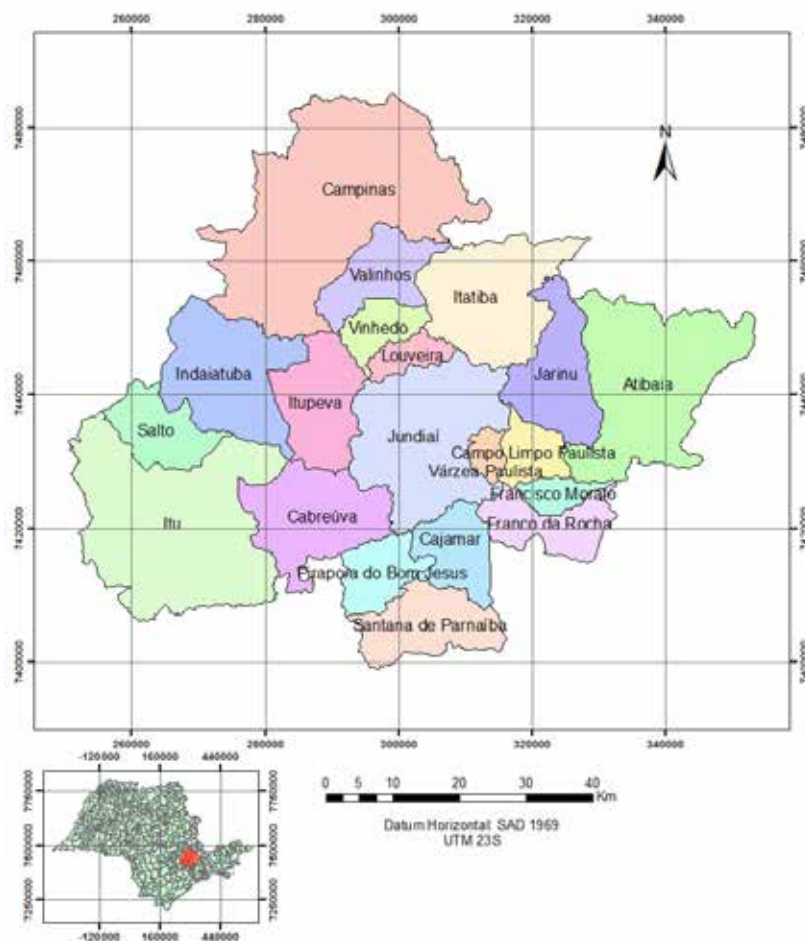


Figura 1 - Mapa com delimitação da área de estudo.

3.1 Condicionantes técnicas

Os critérios de seleção de áreas para implantação de aterro sanitários são divididos em três grandes grupos: técnicos, econômico-financeiros e político-sociais (MONTEIRO et al., 2001). Para a análise multicritério, os valores de cada condicionante técnica foram enquadrados em intervalos e ponderados por notas, conforme grau de importância, sugeridos pelo Guia do Profissional em Treinamento – Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários (SNSA, 2008), com exceção dos seguintes critérios: tipo de solo, uso e ocupação

do solo e proximidade a aeroportos, cuja ponderação é explicada detalhadamente em cada seção.

3.1.1 Profundidade de lençol freático

Locais com lençol freático menos profundo apresentam maiores riscos de contaminação pelo lixiviado produzido no aterro caso a impermeabilização deste não seja eficiente (SNSA, 2008).

Dados sobre a localização dos poços e a profundidade de lençol freático para cada município da região de estudo foram fornecidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), de-

envolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB (CPRM, 2016). Para a utilização desses dados no ArcGIS, os mesmos foram georreferenciados (ferramenta *Add XY* no ArcGIS) e unidos em um mesmo arquivo (ferramenta *Merge* no ArcGIS). Como para a análise de multicritério são necessários dados de superfície e a localização dos poços estava representada por um conjunto de pontos, foi realizada uma interpolação dos níveis estáticos de água de cada poço para gerar uma superfície do nível estático da região. Os intervalos de profundidade ponderados de acordo com grau de impor-

tância obtidos na literatura são apresentados na Tabela 1, enquanto a Figura 2 ilustra o mapa com a distribuição da profundidade do lençol freático na área de estudo.

Tabela 1 – Grau de importância da profundidade do lençol freático.

Profundidade	Nota
< 1 metro	0
1-2 metros	1
2-4 metros	4
> 4 metros	5

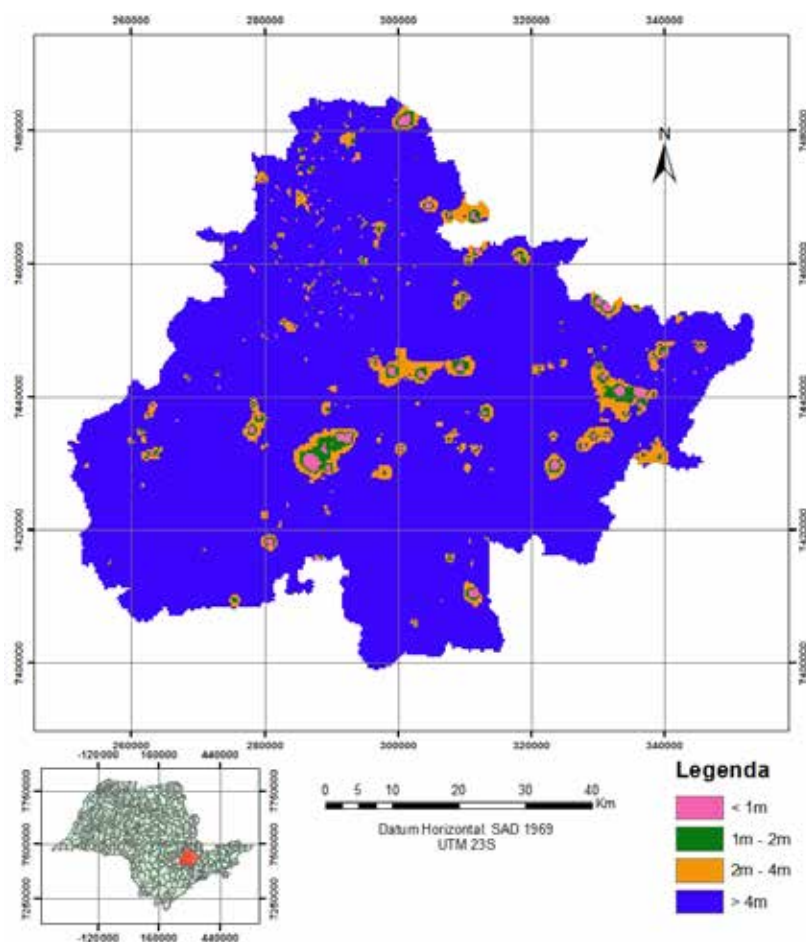


Figura 2 - Mapa de profundidade do lençol freático na área de estudo.

3.1.2 Tipo de Solo

Solos com maiores valores de condutividade hidráulica representam maior risco de contaminação das águas subterrâneas e do solo, visto que a condutividade hidráulica está relacionada com a facilidade de percolação de fluidos, incluindo lixiviados (KER, 1997).

Os dados mais recentes de tipo de solo para o Brasil (2001) foram fornecidos pelo IBGE juntamente com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Esses foram recortados com base na área de estudo e os tipos de solo reclassificados (por atribuição de notas) conforme valor de condutividade característica de cada tipo de solo. Na região de estudo foram encontrados três tipos de solo: Argilossolo Vermelho-Amarelo; Latossolo Vermelho-Amarelo e

Latossolo Vermelho. Segundo Ker (1997), latossolos são em geral muito permeáveis, em função da textura e da própria mineralogia. O alto teor de ferro nos latossolos vermelhos proporciona uma estrutura física mais bem desenvolvida (semelhante à de areais) e, portanto, maiores valores de condutividade hidráulica. As notas atribuídas a cada tipo de solo são apresentadas na Tabela 2. A Figura 3 ilustra o mapa dos tipos de solos na área de estudo.

Tabela 2 – Grau de importância do tipo de solo.

Tipo de Solo	Nota
Argilossolo Vermelho-Amarelo	5
Latossolo Vermelho-Amarelo	3
Latossolo Vermelho	1

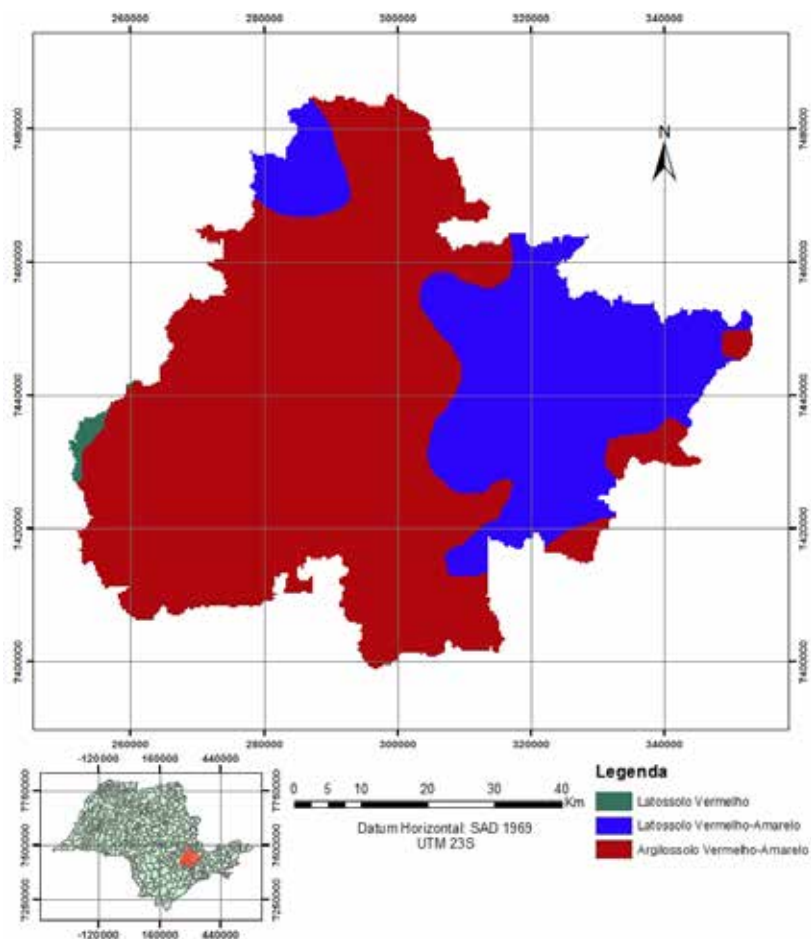


Figura 3 - Mapa dos tipos de solos na área de estudo.

3.1.3 Uso e Ocupação do Solo

Preferencialmente, aterros devem ser construídos em locais com solo exposto, visando menores impactos ambientais e custos relativos à preparação do terreno.

Os dados de uso e ocupação do solo para o Estado de São Paulo foram fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2016). Esses foram recortados para a área de estudo e reclassificados conforme grau de importância. As classes de uso e ocupação do solo do arquivo utilizado são: solo exposto; sombra e nuvem; cobertura arbórea; cobertura herbácea arbustiva; área úmida; área construída e corpo d'água. As classes área úmida, área construída e corpo d'água foram consideradas como áreas impróprias para a implementação de um aterro, sendo a elas atribuídas a nota zero. Levando-se em consideração os impactos ambientais causados

pela preparação do terreno, considerou-se como pior a remoção de cobertura arbórea do que a de cobertura herbácea arbustiva. A classe sombra e nuvem refere-se a dados faltantes, portanto também recebeu nota zero. A ponderação das classes de uso e ocupação do solo, conforme grau de importância, é apresentada na Tabela 3. A Figura 4 ilustra o mapa de uso e ocupação do solo na área de estudo, considerando a ponderação adotada.

Tabela 3 – Grau de importância do uso e ocupação do solo.

Classe	Nota
Sombra e nuvem	0
Áreas úmidas	0
Corpo d'água	0
Áreas construídas	0
Cobertura arbórea	1
Cobertura herbácea arbustiva	3
Solo exposto	5

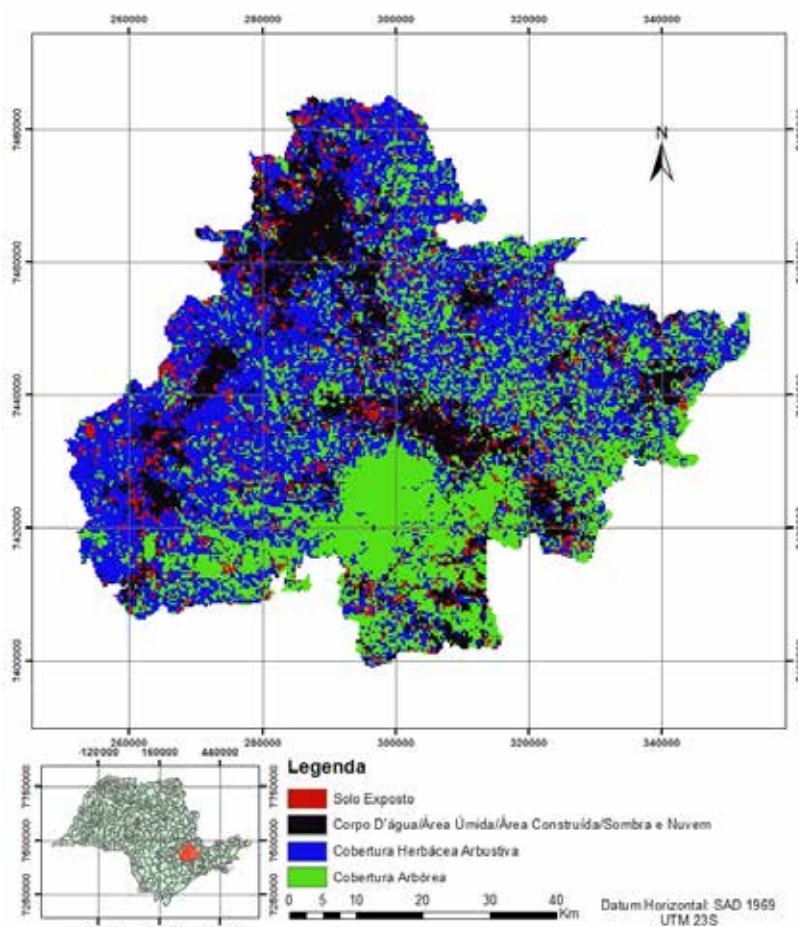


Figura 4 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo na área de estudo.

3.1.4 Distância de recursos hídricos

Aterros não devem estar localizados próximos a cursos d'água, de forma a garantir a segurança destes e diminuir o risco de contaminações (SNSA, 2008).

A localização dos corpos d'água foi fornecida pelo Hidroweb (ANA, 2010). Os dados foram re-cortados com base na área de estudo e os intervalos de distância calculados (distância Euclidiana). As distâncias obtidas foram reclassificadas

com base nos intervalos e pesos expostos na Tabela 4. A Figura 5 ilustra o mapa resultante com os intervalos de distância de recursos hídricos na área de estudo.

Tabela 4 – Grau de importância de distância de recursos hídricos.

Distância (m)	Nota
< 200	0
200 – 499	3
500 – 1000	4
> 1000	5

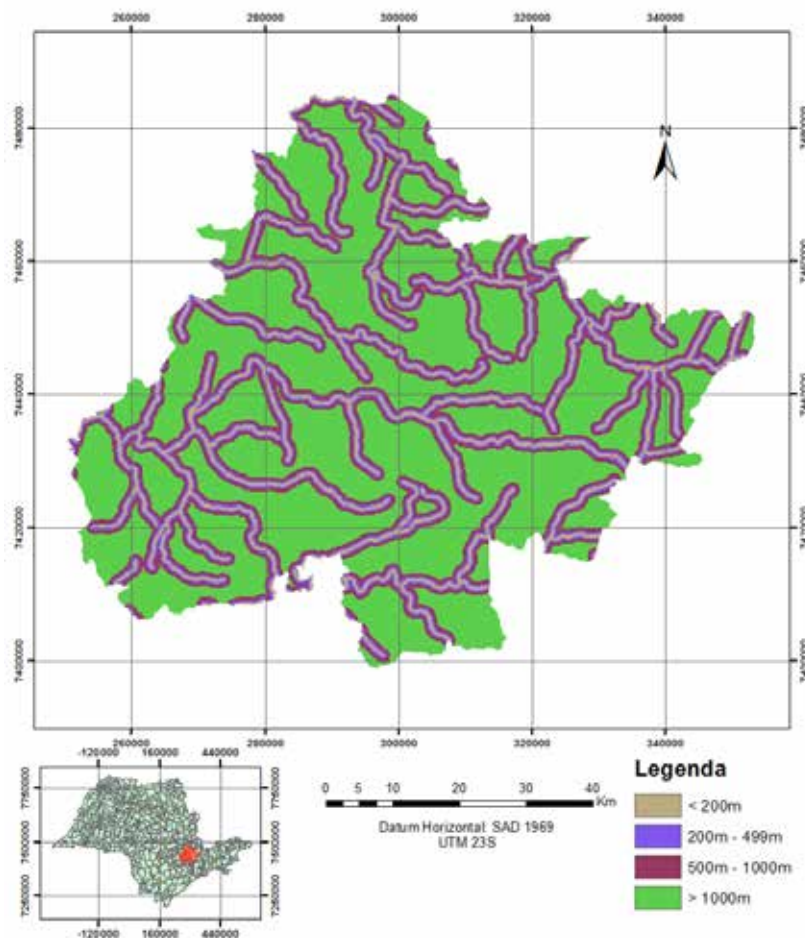


Figura 5 - Mapa com os intervalos de distância de recursos hídricos na área de estudo.

3.1.5 Declividade

A declividade está associada à estabilidade do terreno e, conseqüentemente, do aterro, visto que terrenos mais íngremes estão mais suscetíveis a processos erosivos. Além disso, a alta declividade pode prejudicar a operação do aterro, pois dificulta o transporte dos resíduos até o local (SNSA, 2008).

Os dados do relevo da área de estudo e de sua vizinhança são dados altimétricos obtidos por interferometria radar pela missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* – NASA, 2016). Os arquivos obtidos foram mosaicados e, em seguida, foi cal-

culada a declividade do terreno em porcentagem a partir da altitude (utilizando a ferramenta *Slope* do ArcGIS). Os valores de declividade foram classificados e ponderados em cinco intervalos apresentados na Tabela 5. O mapa resultante dessa etapa com os intervalos de declividade é ilustrado na Figura 6.

Tabela 5 – Grau de importância da declividade.

Declividade (%)	Nota
< 3	5
3 – 9,9	4
10 – 19,9	3
20 – 30	2
> 30	1

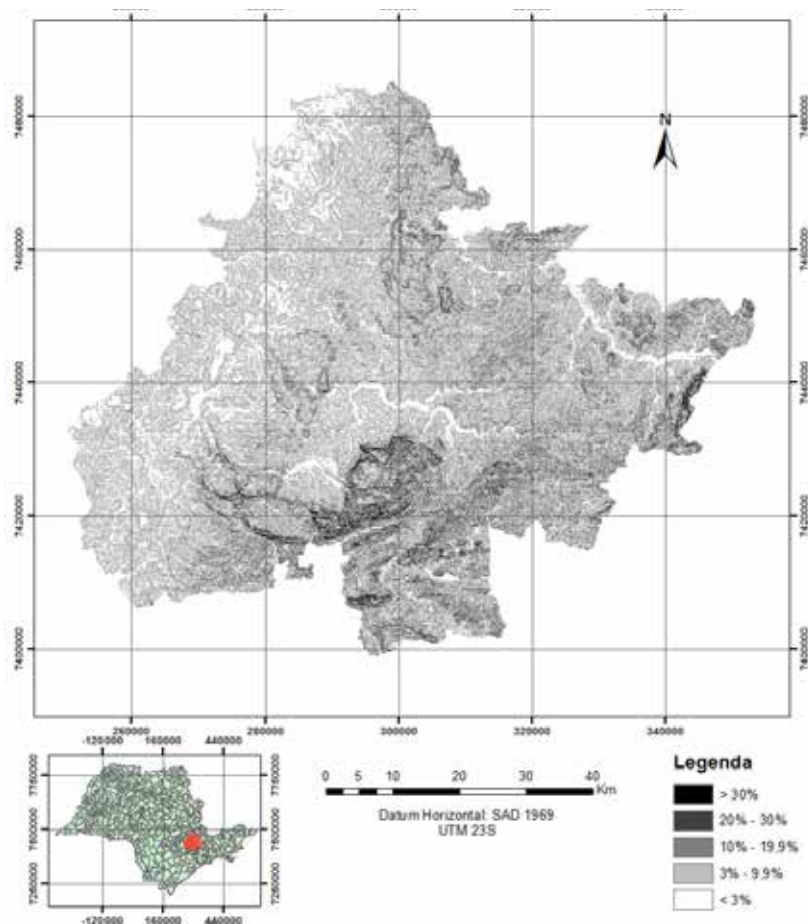


Figura 6 – Mapa de declividade da área de estudo.

3.1.6 Distância de rodovias

Recomenda-se uma distância mínima de rodovias (100 metros) para evitar impactos ambientais, como ruídos, odores e modificação da paisagem na região (SNSA 2008). No entanto, é necessário ressaltar que maiores distâncias implicam em maiores custos de transportes. Esse fator econômico-financeiro não foi considerado no presente trabalho, visto que a análise ficou restrita às condicionantes técnicas.

Os dados de rodovias foram extraídos da plataforma Hidroweb (ANA, 2000). Esses foram recor-

tados para a área de estudo e, posteriormente, foram calculados os intervalos de distância (distância Euclidiana), sendo então reclassificados e atribuídas notas conforme apresentado na Tabela 6. A Figura 7 ilustra o mapa com os intervalos de distância às rodovias na área de estudo.

Tabela 6 – Grau de importância da distância de rodovias.

Distância (m)	Nota
< 100	0
100 – 499	3
500 – 1000	4
> 1000	5

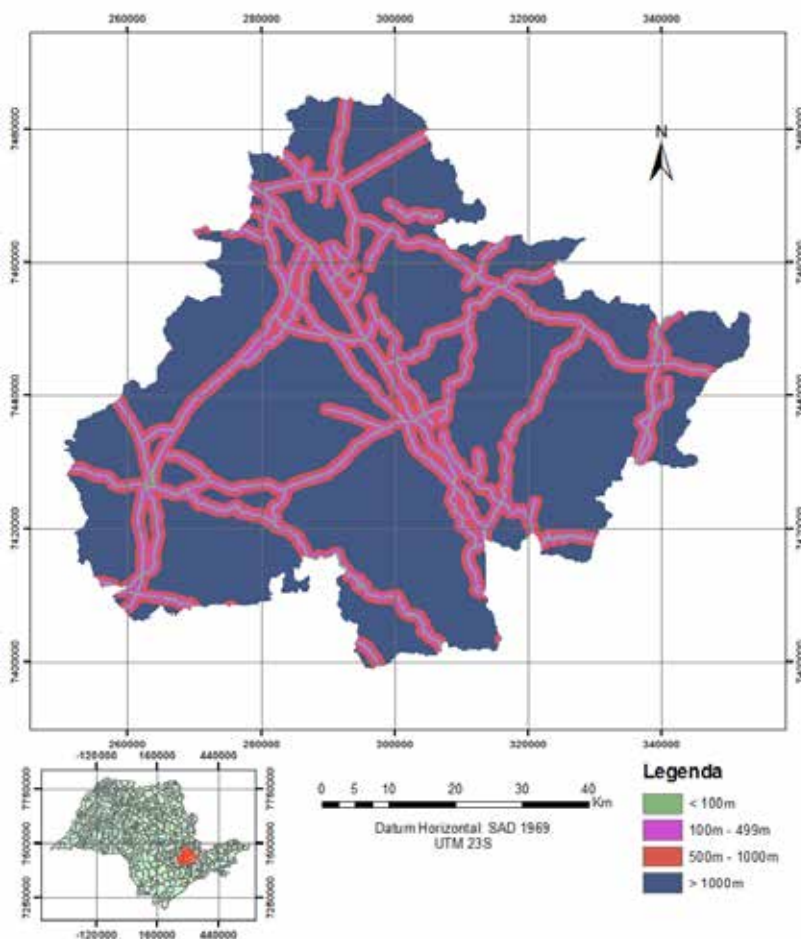


Figura 7 - Mapa de intervalos de distância de rodovias na área de estudo.

3.1.7 Distância de centros urbanos

De maneira análoga à distância de rodovias, a melhor situação ocorre quando o aterro está distante de centros urbanos, sendo mais bem aceito pela população (SNSA, 2008).

Os dados dos centros urbanos do Estado de São Paulo foram fornecidos pelo IBGE (2008b). Foram selecionadas e recortadas somente as sedes dos municípios pertencentes à área de estudo e, em seguida, os intervalos de distância foram calculados (distância Euclidiana), reclassificados e

ponderados (Tabela 7). O mapa resultante com os intervalos de distâncias de centros urbanos ponderados é ilustrado na Figura 8.

Tabela 7 – Grau de importância da distância de centros urbanos.

Distância (m)	Nota
100 – 250	1
250 – 500	2
500 – 1000	3
1000 – 2000	4
> 2000	5

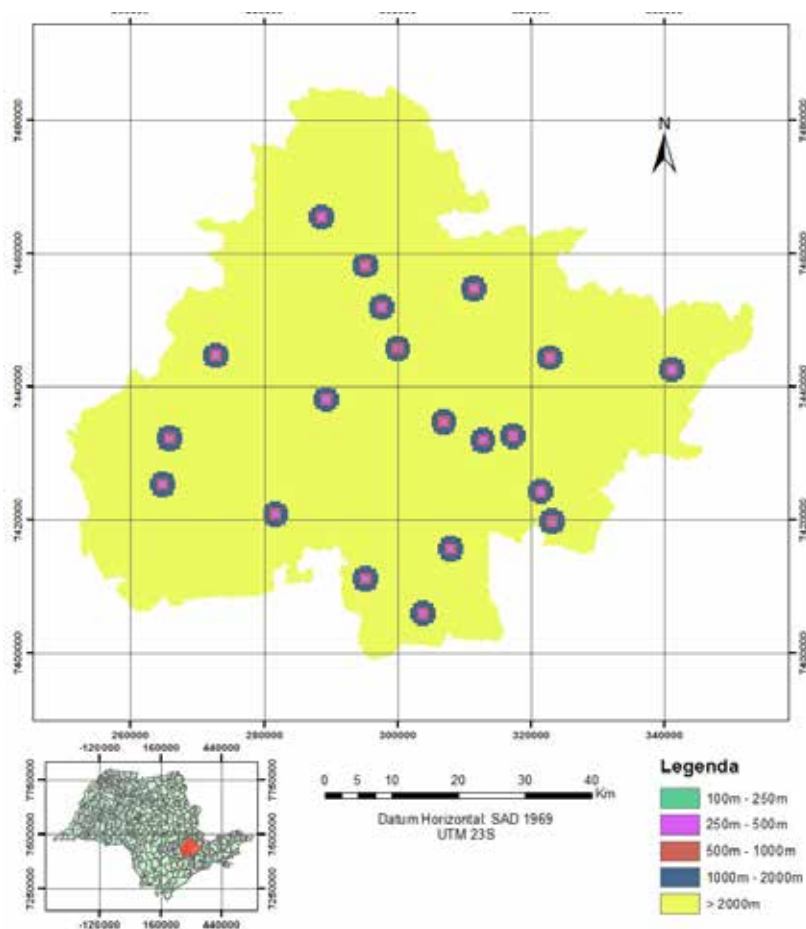


Figura 8 – Mapa de intervalos de distâncias de centros urbanos na área de estudo.

3.1.8 Proximidade a aeroportos

A resolução Conama 004/1995 (BRASIL, 1995) define Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs e veda nessas áreas a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como foco de atração de pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea, como aterros sanitários. As ASAs são divididas em duas categorias de acordo com o tipo de operação aérea, podendo ser aeródromos ou aeroportos. No caso de aeródromos, fica estabelecido um raio de 13 quilômetros. Já para aeroportos, o raio estabelecido é de 20 quilômetros. A localização de aeródromos e aeroportos foi fornecida pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2010). Foram selecionados os aeródromos e aeroportos situados na área de estudo e as ASAs foram estabelecidas conforme o tipo de operação (utilizando a ferramenta *Buffer* no ArcGIS). Essa condicionante técnica é um critério excludente, e por isso não foi utilizado na análise multicritério.

3.2 Análise multicritério

As ponderações (pesos) de cada condicionante utilizada nessa análise são apresentadas na Tabela 8, conforme recomendações do Guia de Profissional de Treinamento – Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários (SNSA, 2008), e conhecimentos prévios da equipe sobre o tema. Com esses pesos, foi realizada a álgebra dos mapas temáticos referentes às condicionantes técnicas (profundidade do lençol freático, tipo de solo, uso e ocupação do solo, distância de corpos d'água, declividade, distância de rodovias, distância de centros urbanos) para gerar o mapeamento de potenciais áreas para implan-

tação de aterro sanitário na área de estudo. A partir desse mapeamento foram suprimidas as áreas consideradas inadequadas à construção do aterro, ou seja, aquelas cujo uso e ocupação do solo foram classificadas como áreas construídas e as referentes às ASAs (ver Seção 3.1.8), obtendo-se o mapeamento das áreas possíveis de implementação de aterro.

Tabela 8 - Ponderação das condicionantes técnicas para análise multicritério.

Condicionantes Técnicas	Peso
Distância de recursos hídricos	3
Tipo de solo	3
Profundidade do lençol freático	3
Distância de vias	1
Distância de centros urbanos	1
Declividade	1
Uso e ocupação do solo	2

3.3 Cálculo da área mínima do aterro sanitário

A área mínima do aterro sanitário, considerando que este vai atender a princípio apenas o município de Jundiaí, foi calculada conforme instruções de Monteiro et al. (2001). A área em metros quadrados é resultante do produto entre a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente em Jundiaí (em toneladas) pelo fator 560. Esse fator considera as seguintes hipóteses: vida útil do aterro de 20 anos; altura do aterro equivalente a 20 metros; taludes com as dimensões verticais e horizontais seguindo a proporção 1:3, e ocupação de 80% do terreno com área operacional. Segundo a Prefeitura de Jundiaí (2016), o município gera 384 toneladas de resíduos sólidos por dia, resultando em uma área mínima de aterro de 0,21504 quilômetros quadrados.

Dentre as áreas classificadas como mais aptas para implementação do aterro sanitário conforme o resultado da análise multicritério, foram identificadas aquelas com área igual ou maior que a área mínima estipulada do aterro sanitário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 9 é apresentado o resultado da análise multicritério com a sobreposição das áreas inadequadas (hachuradas no mapa) mencionadas anteriormente. Como resultado obteve-se um mapa de áreas graduado em uma escala de 1 a 5 de acordo com atendimento simultâneo aos critérios técnicos avaliados. Os intervalos foram reclassificados, sendo as áreas pontuadas como 1 as menos aptas e 5 as com maior potencial de implantação do aterro (“Pior Opção” e “Melhor Opção” respectivamente), conforme legenda do mapa.

Para facilitar a visualização das melhores áreas para implantação do aterro, foi gerado um mapa apenas com as áreas classificadas como “Melhor Opção” na análise multicritério e as áreas inadequadas (Figura 10). Os polígonos em vermelho representam os locais com áreas potenciais maiores ou iguais à área mínima estipulada para instalação do aterro sanitário (0,21504 km²). É possível constatar que apenas um dos polígonos (circulado na Figura 10), distante a aproximadamente 39,87 quilômetros de Jundiaí, localiza-se

completamente fora dos limites das áreas inadequadas, situado na região do município de Indaiatuba. Ainda assim, é perceptível que essa área se encontra próxima aos limites das ASAs e ao núcleo urbano de Salto, município vizinho.

É importante ressaltar que apesar de os resultados da análise multicritério indicarem as áreas mais adequadas para a instalação do aterro, essas não necessariamente correspondem a opções mais viáveis em termos econômicos, visto que não estão sendo considerados outros fatores como distância ao centro geométrico de coleta (gastos relativos ao transporte dos resíduos) e custo de aquisição do terreno; e sociais, uma vez que há diversos fatores de difícil mensuração, não espaciais, que interferem na seleção como rejeição da população ao empreendimento.

Ademais, as técnicas apresentadas neste estudo se referem apenas a uma etapa preliminar na indicação de áreas para a implantação de aterros sanitários, sendo a seleção da melhor área precedida de uma análise individual de cada área pré-selecionada a partir dos resultados da análise multicritério. Além de atender aos critérios técnicos, econômico-financeiros e sociais a área escolhida também precisa estar de acordo com os instrumentos legais do município em que irá se situar, como a Lei de Parcelamento do Solo, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Lei do Plano Diretor e Zoneamento.

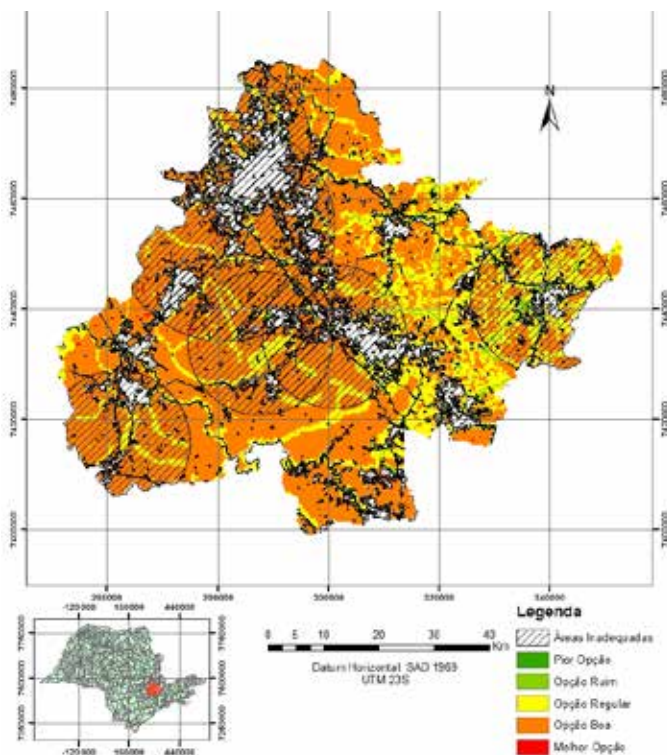


Figura 9 - Mapa de classificação das áreas para construção de um aterro sanitário para o município de Jundiá segundo análise multicritério.

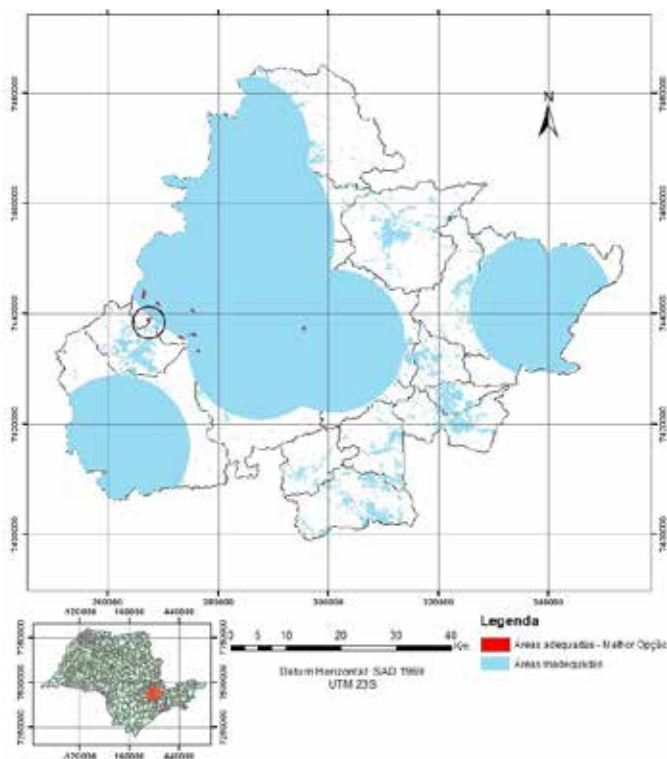


Figura 10 - Mapa de áreas classificadas como “Melhor Opção” segundo análise multicritério maiores ou iguais à área mínima estipulada para construção do aterro sanitário para o município de Jundiá. O único polígono que atende a todas as condicionantes está circulado no mapa.

Um novo mapa análogo ao da Figura 10 foi criado considerando apenas as áreas classificadas como “Opção Boa”, segundo intervalo de maior pontuação na análise multicritério (Figura 11). Comparando os dois mapas, é evidente que a proporção de áreas enquadradas como “Boa Opção” para a implantação do aterro segundo a análise multicritério e que atendem à área míni-

ma necessária para implantação do empreendimento é extremamente maior que as áreas classificadas como “Melhor Opção”, incluindo áreas mais próximas a Jundiá.

Com a inclusão dos fatores econômicos, sociais e legais, as áreas classificadas como “Opção Boa” no mapa gerado (Figura 11) podem vir a ser opções mais viáveis para implantação do aterro.

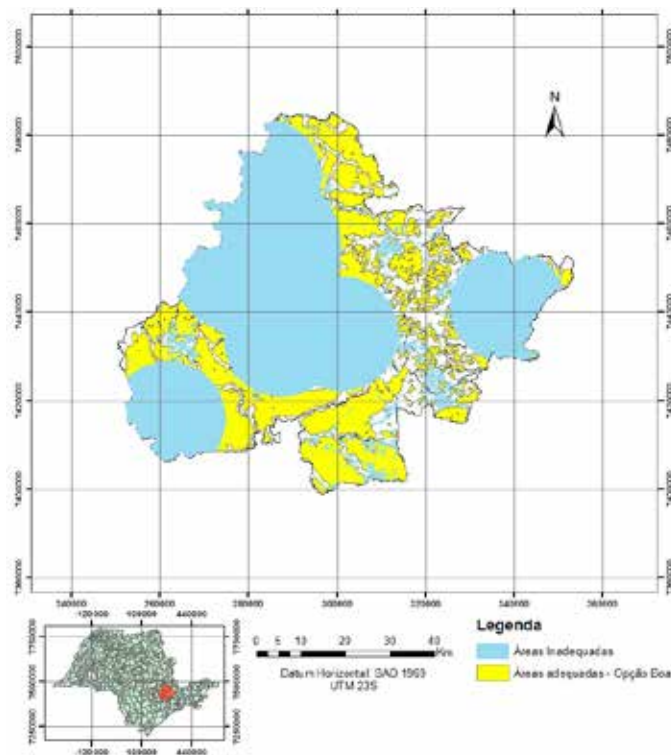


Figura 11 - Mapa de áreas classificadas como “Opção Boa” segundo análise multicritério, maiores ou iguais à área mínima estipulada para construção de um aterro sanitário para o município de Jundiá.

5 CONCLUSÕES

O geoprocessamento em conjunto com a análise multicritério se mostrou eficiente e cumpriu o objetivo proposto como ferramenta para análise da escolha de melhores áreas para implantação de aterros sanitários, considerando-se apenas as condicionantes técnicas escolhidas.

Uma vez que a seleção de áreas para construção de aterros sanitários é um processo complexo que

envolve diversos aspectos técnicos, econômico-financeiros, sociais, políticos e legais, cujo levantamento de informações geralmente é oneroso e de difícil integração e manipulação, o geoprocessamento com ênfase na análise multicritério é uma ferramenta que permite subsidiar uma seleção mais apurada, evitando desperdício de recursos humanos e financeiros, facilitando e acelerando o procedimento.

A ponderação na análise multicritério é subjetiva, sendo necessário o conhecimento técnico e científico acerca do tema estudado. No entanto, sua aplicação exige dados sem valores omissos e provenientes de fontes confiáveis, algo que foi possível nesse estudo.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao professor Sergio Donizete Faria, sem o qual não seria possível a realização do presente estudo.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.157**: Aterros de resíduos perigosos: critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

AMARAL, D. G. P. LANA, C. E. **Uso do geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG)**. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 27, n. 49, p. 368-382, 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. HidroWeb: arquivos digitais, Hidrografia: 1: 1.000.000 e 1: 2.500.000. 2010. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 9 maio 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas. **HidroWeb: arquivos digitais, Malha Municipal (IBGE – 2000)**. 2000. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 9 maio 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Poder Executivo, Brasília, DF, 2010

BRASIL. Resolução Conama nº 004, de 11 de dezembro de 1995. **Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAs. Ministério do Meio Ambiente**. Poder Executivo, Brasília, DF, 1995.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Sistema de informações de águas subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php>. Acesso em: 16 maio 2016.

ESRI. **ArcGIS for Windows Version 10.3**. Licence type ArcInfo. [S.l.]: ESRI – Environmental Systems Research Institute, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008a. **Cidades do Brasil**. 2008. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=28>. Acesso em: 9 maio 2016

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016a. **Limites_250 (MapServer)**. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/arcgis/rest/services/LIMITES_250/MapServer>. Acesso em: 17 jun. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016b. **Estimativas da população para 1º de julho de 2016**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 9 de maio de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008b. **Pesquisa nacional de saneamento básico de 2008 (PNSB)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).2001. **Mapa de solos do Brasil – Escala 1:5.000.000**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php>. Acesso em: 9 maio 2016.

JORNAL DE JUNDIAÍ. **Seminário traz técnica para tratar resíduos sólidos a Jundiaí**. 2014. Disponível em: <<http://www.jj.com.br/noticias-8236-seminario-traz-tecnicas-para-tratar-residuos-solidos-a-jundiai>>. Acesso em: 16 maio 2016.

KER, J.C.m. **Latossolos do Brasil: Uma Revisão**. Geonomos, v. 5, n.1, p. 17-40. 1997.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Base de dados georreferenciados PNLT 2010**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/conteudo/2822-base-de-dados-georreferenciados-pnlt-2010.html>>. Acesso em: 9 maio 2016.

LOURENÇO, R. W. SILVA, D. C. D. SALES, J. C. A. MEDEIROS, G. A. OTERO, R. A. P. **Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG**. Revista Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 122-140, 2015.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **ASTER global digital elevation map announcement**. Disponível em: <<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>>. Acesso em: 16 maio 2016.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de Métodos de Análise Espacial na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MPBB-8LVPN8/dissertacao_ad_liao_r_ornelas.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 dez. 2016

PREFEITURA DE JUNDIAÍ. **Bispo conhece gestão de resíduos de Jundiaí.** 2016. Disponível em: <<http://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2016/05/12/bispo-conhece-gestao-de-residuos-de-jundiai/>>. Acesso em: 16 maio 2016.

PREFEITURA DE JUNDIAÍ. **Secretário visita aterro de Santana do Parnaíba junto com consultor Alemão.** 2015. Disponível em: <<http://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2015/04/23/secretario-visita-aterro-de-santana-do-parnaiba-junto-com-consultor-alemao/>>. Acesso em: 16 maio 2016.

PREFEITURA DE JUNDIAÍ. **Resíduos Sólidos Disponível para consulta pública.** 2014. Disponível em: <<https://www.jundiai.sp.gov.br/noticias/2014/02/06/residuos-solidos-plano-esta-disponivel-para-consulta-publica/>>. Acesso em: 16 maio 2016.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Unidades homogêneas de uso e ocupação do solo urbano (UHCT).** Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/>>

cessao-de-dados/unidades-homogeneas-de-uso-e-ocupacao-do-solo-urbano-uhct/>. Acesso em: 9 maio 2016.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.) – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

SOUZA, S. **Geoprocessamento Aplicado à Identificação de Áreas Potenciais à Degradação da Qualidade da Água.** 2008. 52 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento), Departamento de Cartografia – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2008.